

## مقایسه تجمع فلزات سنگین (روی، مس، کادمیم، سرب و جیوه)

### در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی

### *(Acipenser persicus)* و *(Acipenser stellatus)*

#### حوضه جنوبی دریای خزر

مرجان صادقی راد<sup>(۱)</sup>، غلامرضا امینی رنجبر<sup>(۲)</sup>، عما ارشد<sup>(۳)</sup> و  
هاشم جوشیده<sup>(۴)</sup>

marjan\_sadeghi@yahoo.co.uk

۱، ۳ و ۴ - انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، رشت صندوق پستی: ۴۱۶۳۵-۳۴۶۴

۲ - موسسه تحقیقات شیلات ایران، تهران صندوق پستی: ۶۱۱۶-۱۴۱۵۵

تاریخ ورود: فروردین ۱۳۸۲ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۸۳

#### چکیده

اندازه‌گیری فلزات سنگین (روی، مس، سرب، کادمیم و جیوه) در بافت ماهیچه و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) و *(Acipenser stellatus)* حوضه جنوبی دریای خزر (از بندر آستارا تا بندر ترکمن) در ۵ ناحیه شیلاتی شمال ایران انجام شد. تعداد نمونه‌های مورد بررسی شامل ۱۳۹ عدد ماهی ازون برون و ۱۰۳ عدد تاسماهی ایرانی بود که از ۱۸ صیدگاه مستقر در ۵ ناحیه شیلات در فصول صید سالهای ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ جمع‌آوری شدند. تجزیه شیمیایی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی (شعله) جهت چهار فلز سرب، کادمیم، روی و مس و جذب اتمی با سیستم بدون شعله و دستگاه مکمل اندازه‌گیری جیوه (با سیستم بخارات سرد جیوه) برای اندازه‌گیری جیوه انجام شد. میانگین سن ماهیان مورد بررسی در تاسماهی ایرانی  $(2/6 \pm 17/6)$  سال و در ازون برون  $(1/8 \pm 11/9)$  سال بوده است. میانگین فلزات در بافت ماهیچه و خاویار تاسماهی ایرانی بترتیب: روی  $26/9$  و  $65/9$ ، مس  $1/8$  و  $4/2$ ، سرب  $0/61$  و  $0/111$  و کادمیم  $0/061$  و  $0/005$  میکروگرم در لیتر (وزن خشک) و جیوه  $0/06$  و  $0/007$  میکروگرم در لیتر (وزن تر) و در بافت ماهیچه و خاویار نمونه‌های ماهیان ازون برون بترتیب: روی  $27/4$  و  $57/8$ ، مس  $1/64$  و  $4/85$ ، سرب  $0/481$  و  $0/112$ ، کادمیم  $0/059$  و  $0/005$  میکروگرم در لیتر (وزن خشک) و جیوه  $0/05$  و  $0/008$  میکروگرم در لیتر (وزن تر) بدست آمد. حداکثر مقادیر بدست آمده از این ۵ فلز در بافت ماهیچه و خاویار این دو گونه نشانگر عدم وجود این فلزات در غلظت‌های بیش از مقادیر حد مجاز بین‌المللی جهت مصرف انسانی بوده است.

**کلمات کلیدی:** تاسماهی ایرانی، *Acipenser persicus* ازون برون، *Acipenser stellatus* فلزات سنگین،

بافت عضله، خاویار، دریای خزر

## مقدمه

دریای خزر بعنوان بزرگترین دریاچه جهان دارای ذخایر با ارزشی می باشد که از زمانهای قدیم جهت تأمین غذا، ایجاد اشتغال و درآمد مورد توجه ساحل نشینان و دولت ها قرار گرفته است. امروزه با توجه به کاهش شدید این ذخایر بخصوص ماهیان خاویاری، بررسی های زیادی برای شناخت عوامل ایجاد کننده این معضل انجام شده است. اگرچه روند زمین شناسی و آب و هوایی در ذخایر ماهیان اثر دارند، اما فعالیت های انسانی بیشترین تخریب را وارد می سازند (Debus, 1995).

بهم ریختن شرایط اکولوژیک دریای خزر در اثر آلودگی های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب های شهری، تولید نفت و گاز در سواحل و در اعماق دورتر از ساحل، فعالیت شرکت های حمل و نقل دریایی و سایر حوادث باعث تغییر در تنوع زیستی و کاهش ذخایر ماهیان می گردد.

مشکلات اکولوژیک دریای خزر شامل آلودگی های شیمیایی است که بوسیله رودخانه ها به دریا حمل می شوند. بیش از ۱۳۰ رودخانه به دریای خزر می ریزند. سالانه این رودخانه ها بیش از ۳۰۰ کیلومتر مکعب آب وارد دریا می نمایند. این مشکلات همچنین با بالا رفتن سطح آب نیز ارتباط دارد. سطح آب دریای خزر طی سالهای ۱۹۹۷ تا ۱۹۷۸ در حدود ۲/۵ متر افزایش داشته است. به زیر آب رفتن تعدادی از واحدهای صنعتی در مناطق شمالی دریای خزر خسارات اکولوژیک را به همراه داشته است. از جمله مشکلات دیگر می توان به صنایع نفتی در اعماق دور از ساحل اشاره نمود.

آلودگی های صنعتی، پساب های کشاورزی، آلاینده های مربوط به فاضلاب صنعتی و شهری و آلودگی های نفتی نه تنها کیفیت آبها را تحت تأثیر قرار می دهند، بلکه بر میزان موجودات کفزی و پلانکتونی که از منابع مهم غذایی ماهیان هستند، نیز تأثیر می گذارند. آلودگی های شیمیایی در رودخانه های بزرگ کشورهای استقلال یافته حاشیه دریای خزر (CIS) بهترین مثال می باشد. در سال ۱۹۶۵، نزدیک شهر کراس نرمسک (Krasnoarmeisk) دفع ضایعات کارخانجات بزرگ باعث مرگ تاسماهیان به تعداد بسیار زیاد (حدود ۳۵۰۰۰ تاسماهی) در رودخانه ولگا گردید. همچنین دفع ضایعات نفتی وارد شده به پایین دست رودخانه در سال ۱۹۸۸ مثال دیگری از این آلودگی ها است (Pavlov et al., 1994).

فلزات سنگین بعنوان یکی از آلاینده‌های محیطی اثرات مختلفی مانند، کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر در آبزیان را باعث می‌شوند. این اثرات سبب زوال زیستی آبزیان می‌گردد. نابودی یا کاهش گونه‌ای خاص سبب تغییر در اکوسیستم آبی گشته و توازن آنها را بر هم می‌زند Mance, (1990).

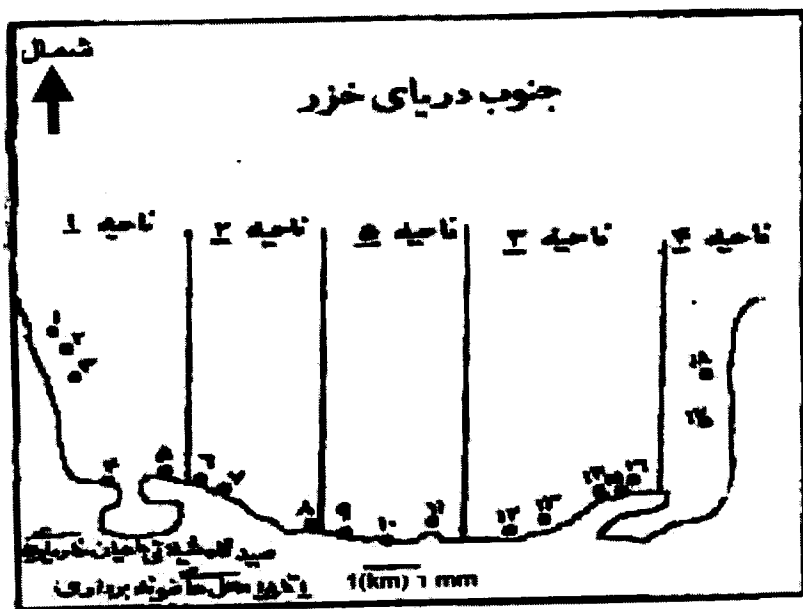
امروزه تحقیقات در خصوص تداخل بین فلزات سنگین و موجودات دریایی به دلیل افزایش روز افزون این فلزات در اثر فعالیت‌های انسانی و سرازیر شدن آن به محیط‌های آبی تشدید شده است. کادمیم و سرب از جمله عناصر سنگین غیر ضروری هستند که از طریق پروسه‌های صنعتی و محصولات فرعی معادن به محیط‌های طبیعی وارد می‌شوند. موجودات دریایی بطور فعال کادمیم را در خود ذخیره می‌کنند و بخصوص بعضی از گونه‌های نرم‌تنان می‌توانند مقادیر بسیار زیادی از فلزات را بدون اینکه ایجاد عارضه‌ای در آنها شود از محیط‌های آبی آلوده جمع‌آوری کنند (Sunda, 1978).

جیوه نیز فلز سنگینی با سمیت بسیار بالا، غیر ضروری، پایدار و بدون تغییر پذیری زیستی می‌باشد که تحت فرآیندهای تجمع زیستی طی انتقال از سطوح تروفیک مختلف در زنجیره غذایی پایدار باقی می‌ماند (WHO, 1979). آلودگی به جیوه در محیط‌های آبی از طریق پروسه‌های آب و هوایی طبیعی و فعالیت‌های بشری در مقیاس قابل توجهی در حال افزایش می‌باشد (Evans, ; WHO, 1979, 1989, 1990). (Meger, 1986 ; 1986).

بررسی فلزات سنگین در دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون‌برون حوضه جنوبی دریای خزر با هدف بدست آوردن مقادیر این فلزات در بافت ماهیچه و خاویار این دو گونه که در درجه اول و دوم اهمیت از نظر استحصال گوشت و خاویار قرار دارند، انجام شد. نتایج حاصل از انجام این گونه پروژه‌ها علاوه بر این که غلظت‌های این فلزات را بعنوان آلاینده‌های شیمیایی محیط بدست می‌دهد. همچنین نگرانی‌های موجود را در خصوص سلامت و بهداشت عمومی برای مصرف محصولات غذایی حاصل از ماهیان خاویاری دریای خزر برطرف می‌نماید و اطلاعات تجزیه‌ای حاصل می‌تواند در خصوص اقدامات احتمالی بعدی جهت حفظ این ذخایر مورد استفاده قرار گیرد.

## مواد و روش کار

ایستگاههای نمونه برداری در سواحل جنوبی دریای خزر از آستارا تا بندر ترکمن در ۱۸ صیدگاه از ۴۸ صیدگاه واقع در ۵ ناحیه شیلاتی جنوب دریای خزر که سه استان گیلان، مازندران، و گلستان را در بر می گیرد، انتخاب شدند (شکل ۱). گونه های تاسماهیان مورد نظر در این بررسی ازون برون (*A. stellatus*) و تاسماهی ایرانی (*A. persicus*) در فصول صید نواحی فوق که توسط شیلات تعیین می گردد، بوسیله قایق های صیادی توسط صیادان از طریق دامهای گوشگیر صید می شوند و جهت استحصال خاویار و گوشت به صیدگاه آورده می شوند. نمونه ها طی سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ در فصول صید از صیدگاههای مورد نظر جمع آوری شدند. در صیدگاههای انتخاب شده پس از زیست سنجی ماهیان، نمونه برداری از جنس ماده بصورت تکه برداری از بافت عضلانی در ناحیه جانبی و همچنین خاویار آن پس از الک شدن خاویار (جدا شدن پوسته تخمدان) انجام شد. از اولین شعاع سخت باله سینه ای جهت تعیین سن نمونه برداری شد. نمونه ها جهت تجزیه شیمیایی در فریزر در دمای ۱۷- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.



شکل ۱: موقعیت ایستگاههای نمونه برداری در سواحل دریای خزر

تجزیه شیمیایی و دستگاهی نمونه‌ها: در این بررسی از دو روش هضم تر تحت رفلکس برای اندازه‌گیری جیوه (AOAC, 1990) و روش هضم تر سیستم باز برای چهار فلز روی، مس، کادمیم و سرب (MOOPAM, 1983, 1989) استفاده شد. نمونه‌های هضم شده بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی با سیستم شعله برای فلزات روی، مس، سرب و کادمیم و جذب اتمی با سیستم بخارات سرد برای اندازه‌گیری جیوه مورد تجزیه دستگاهی قرار گرفتند.

نتایج بدست آمده در این بررسی بوسیله نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند که شامل آمارهای ساده توزیع متغیرهای مختلف برای کل مناطق و برای هر گونه بطور جداگانه و تجزیه واریانس متغیرهای مختلف بوده‌است (Snedecor & Cochran, 1989). جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار آماری Excel استفاده شده است.

## نتایج

تعداد کل تاسماهی ایرانی بررسی شده از ۵ منطقه شیلاتی، ۱۰۳ عدد بود. میانگین سن این ماهیان  $(\pm 2/6)$  سال  $17/6$  سال بدست آمد. تعداد نمونه‌های ماهی ازون‌برون ۱۳۹ عدد بود که دارای میانگین سنی  $(\pm 1/8)$  سال بودند. میانگین غلظت فلزات روی، مس، کادمیم، سرب و جیوه در بافت عضله و خاویار این دو گونه در نمودارهای ۱ تا ۱۰ آورده شده‌است. مقادیر حداکثر و حداقل فلزات بررسی شده در بافت عضله و خاویار این دو گونه در جدول ۱ آورده شده است.

تجزیه واریانس متغیرهای مختلف تاسماهی ایرانی برای مناطق پنجگانه نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد ( $P=0/01$ ) بین میانگین فلز روی در بافت ماهیچه برای پنج منطقه صید بوده و میانگین‌های این فلز در خاویار (نمودار ۱) این گونه برای مناطق پنج‌گانه شیلاتی نیز دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد ( $P=0/05$ ) می‌باشد.

جدول ۱: مقادیر حداقل و حداکثر فلزات بدست آمده در بافت عضله و خاویار دو گونه تاسماهی ایرانی و ازون برون حوضه جنوبی دریای خزر (۱۳۷۷-۷۸)

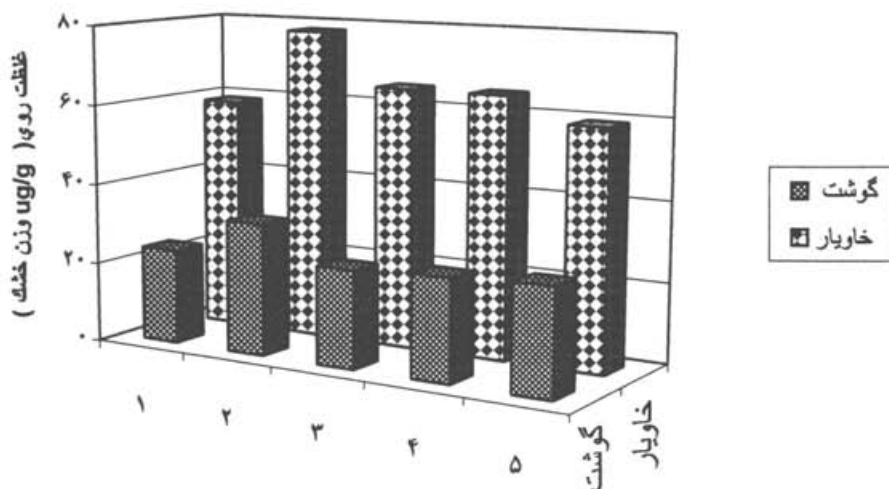
بافت	فلز	تاسماهی ایرانی		ازون برون	
		حداکثر (میکروگرم در گرم)	حداقل (میکروگرم در گرم)	حداکثر (میکروگرم در گرم)	حداقل (میکروگرم در گرم)
بافت عضله	Zn	۶۲/۴	۱۳/۰	۴۷/۵	۱۵/۱
	Cu	۴/۵۱	۰/۷۳	۳/۷۳	۰/۷۷
	Cd	۰/۱۳	۰/۰۰۹	۰/۱۰۲	۰/۰۰
	Pb	۱/۳۵	۰/۱۱۶	۱/۰۳۸	۰/۲۶۲
	*Hg	۰/۱۶۸	۰/۰۰۳	۰/۲۲	۰/۰۰
خاویار	Zn	۱۳۱/۲	۳۳/۸	۹۲/۱	۳۲/۹
	Cu	۶/۸	۱/۷۴	۷/۹	۲/۲
	Cd	۰/۰۱۹	۰/۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۰
	Pb	۰/۲۸	۰/۰۰	۰/۲۶۲	۰/۰۰
	*Hg	۰/۰۶۴	۰/۰۰	۰/۰۶۷	۰/۰۰

\* غلظت جیوه براساس (میکروگرم در گرم) وزن تر و بقیه عناصر وزن خشک گزارش شده است.

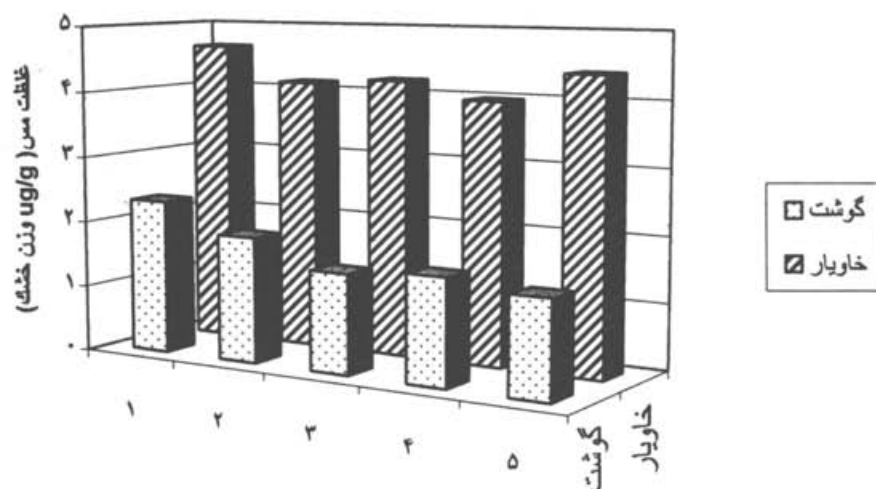
بین میانگین‌های دو فلز مس و کادمیم در بافت ماهیچه در سطح کمتر از ۱ درصد ( $P < 0.01$ ) در مناطق پنج گانه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. لیکن میانگین آنها در خاویار مناطق مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (نمودارهای ۲ و ۳). در مورد فلز سرب نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در میانگین این فلز برای مناطق پنج‌گانه در بافت عضله و خاویار می‌باشد (نمودار ۴) در حالیکه میانگین فلز جیوه در بافت ماهیچه این گونه دارای تفاوت معنی‌دار در

سطح ( $P = 0.05$ ) در پنج منطقه صید بوده و میانگین این فلز در خاویار مناطق مختلف شیلاتی تفاوت معنی داری ندارند (نمودار ۵).

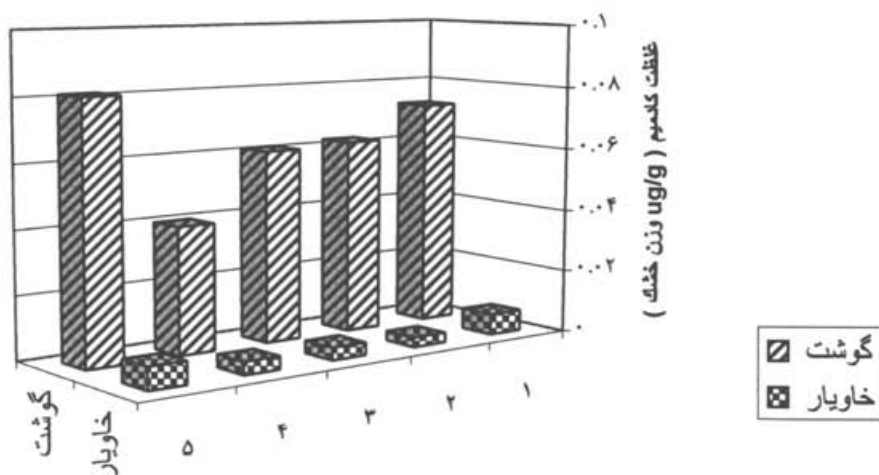
همچنین تجزیه واریانس متغیرهای مختلف از وزن برون نشان دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین‌های فلز روی در مناطق پنج‌گانه در سطح ۱ درصد ( $P = 0.01$ ) می‌باشد و این تفاوت برای خاویار در سطح ۵ درصد ( $P = 0.05$ ) مشاهده می‌شود (نمودار ۶). در خصوص فلز مس این تفاوت در سطح ۵ درصد ( $P = 0.05$ ) در بافت ماهیچه نواحی پنج‌گانه و در سطح کمتر از ۱ درصد ( $P < 0.01$ ) در خاویار این گونه می‌باشد (نمودار ۷). میانگین‌های کادمیم در بافت ماهیچه نواحی مختلف دارای تفاوت معنی داری نبوده و برای خاویار این تفاوت در سطح ۱ درصد ( $P = 0.01$ ) مشاهده شد (نمودار ۸). در حالیکه میانگین سرب در خاویار مناطق پنج‌گانه تفاوت معنی داری را نشان نداده و میانگین سرب در بافت ماهیچه مناطق پنج‌گانه دارای تفاوت معنی داری در سطح کمتر از ۱ درصد ( $P < 0.01$ ) بوده است (نمودار ۹). میانگین فلز جیوه در بافت عضله و خاویار از وزن برون در پنج ناحیه تفاوت معنی داری را نشان نداده است (نمودار ۱۰).



نمودار ۱: میانگین فلز روی در گوشت و خاویار تاسماهی ایرانی در نواحی پنج‌گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)

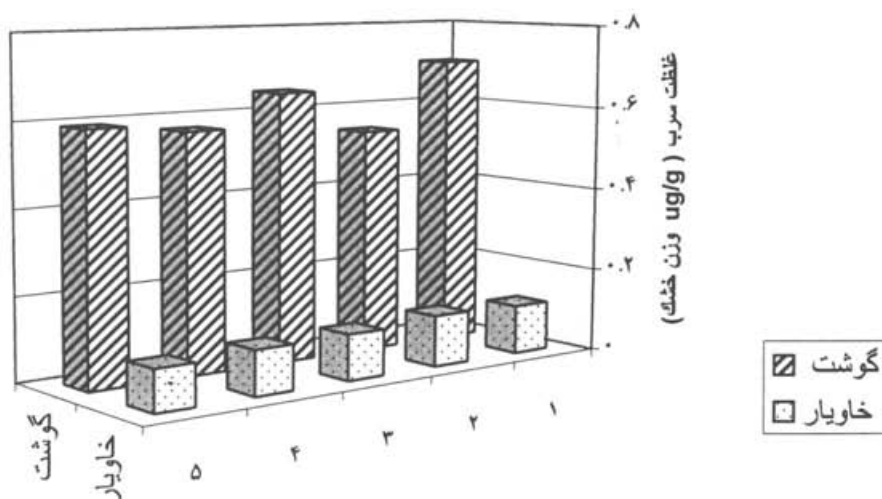


نمودار ۲: میانگین فلز مس در گوشت و خاویار تاسماهی ایرانی در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)

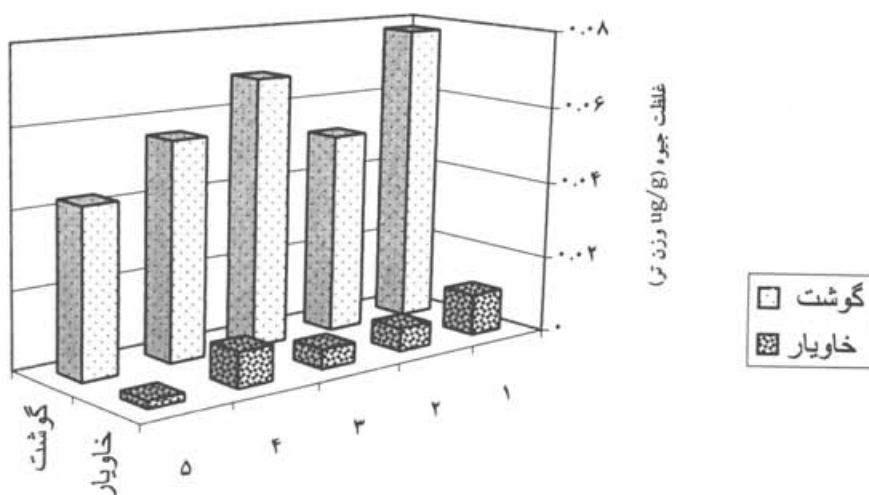


نمودار ۳: میانگین فلز کادمیم در گوشت و خاویار تاسماهی ایرانی در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)

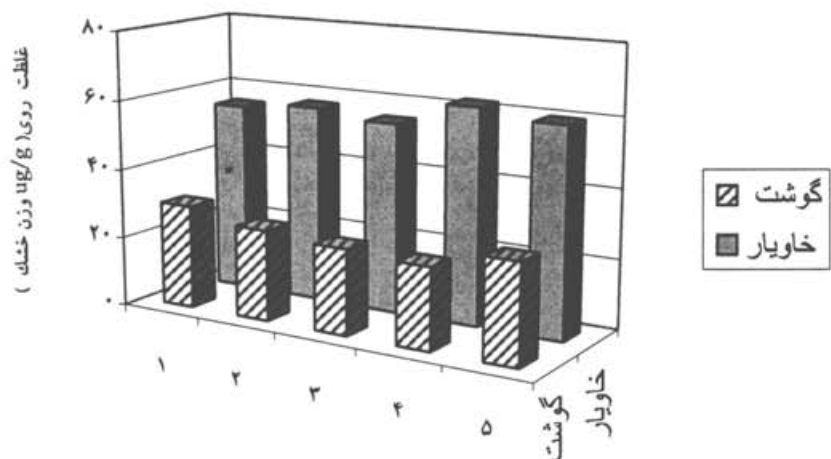




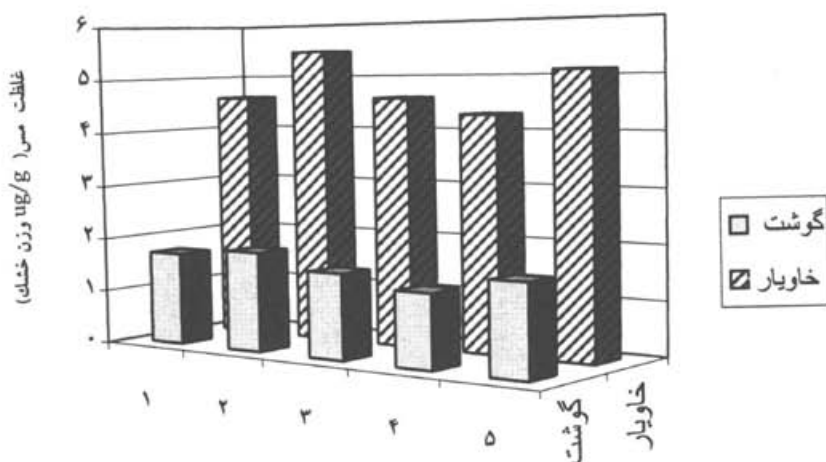
نمودار ۴: میانگین فلز سرب در گوشت و خاویار تاسماهی ایرانی در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۱۳۷۷-۷۶)



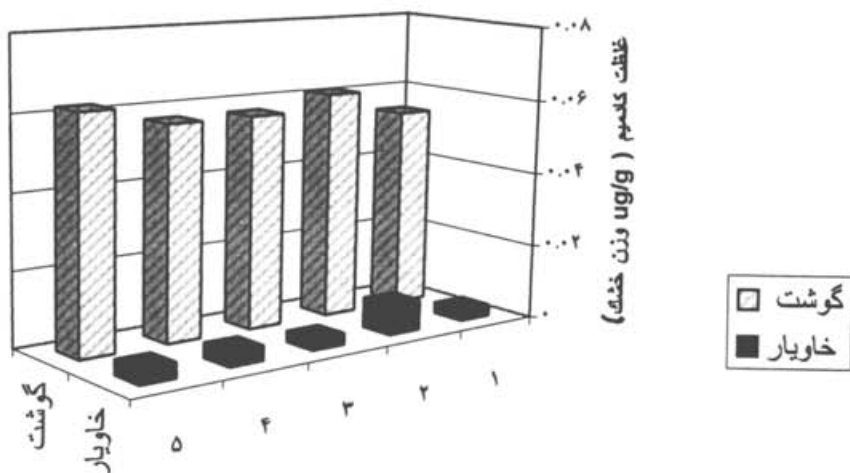
نمودار ۵: میانگین فلز جیوه در گوشت و خاویار تاسماهی ایرانی در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۱۳۷۷-۷۶)



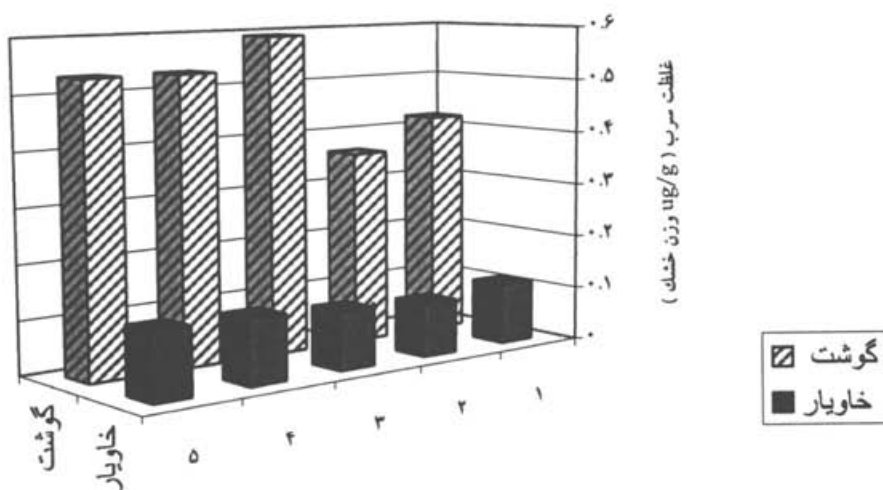
نمودار ۶: میانگین فلز روی در گوشت و خاویار ماهی ازون برون در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)



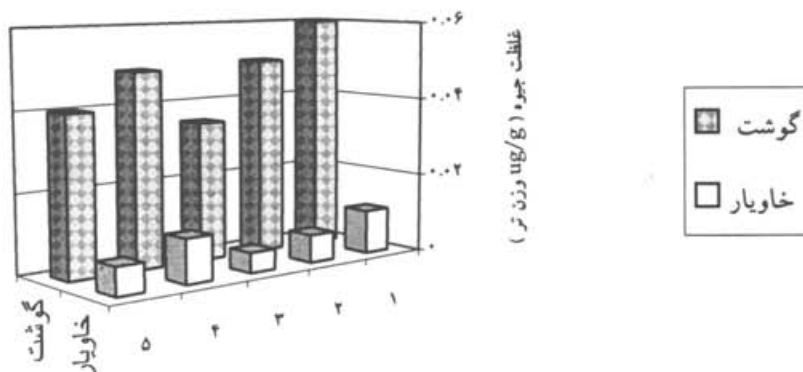
نمودار ۷: میانگین فلز مس در گوشت و خاویار ماهی ازون برون در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)



نمودار ۸: میانگین فلز کادمیم در گوشت و خاویار ماهی ازون برون در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)



نمودار ۹: میانگین فلز سرب در گوشت و خاویار ماهی ازون برون در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)



نمودار ۱۰: میانگین فلز جیوه در گوشت و خاویار ماهی ازون برون در نواحی پنج گانه شیلات شمال (سال ۷۶-۱۳۷۷)

## بحث

فلزات سنگین با توجه به نقشی که در فرآیندهای زیستی دارند، بعنوان میکرونوترینتها (آهن، روی، مس، منگنز، کبالت و...) یا یک عامل سمی (جیوه، نقره، کرم، کادمیم و...) مورد توجه می‌باشند. بعضی از فلزات همچون روی و مس براساس غلظت‌های موجود در طبیعت می‌توانند نقش محرک یا بازدارنده را ایفا نمایند (Anderson & Morel, 1978).

فلزات روی و مس براساس مقادیرشان در فرآیندهای زیستی ایفای نقش می‌کنند (محرک یا بازدارنده). این فلزات از جمله عناصر ضروری در واکنش‌های زیستی می‌باشند و بصورت هومووستاتیک تنظیم می‌شوند. غلظت‌های این عناصر در بافتهای یکسان از گونه‌های متفاوت می‌توانند تغییرات زیادی داشته باشند (Wagemann & Muir, 1984). فلزات روی و مس می‌توانند در محل‌هایی ذخیره شوند و به بافتهای دیگر انتقال داده شوند. یا اینکه مجدداً در گردش درآیند تا در چرخه‌های حیاتی متعدد وارد واکنش شوند (Aaseth & Norseth, 1986). غذاهای دریایی منبع اصلی روی و مس برای انسان هستند (WHO, 1995). در بررسی حاضر میانگین مقادیر روی و مس در خاویار و بافت عضله تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهند ( $P = 0.01$ ). غلظت‌های این دو فلز در یک بافت می‌تواند نشانگر نیازهای فزاینده در یک عضو باشد (Wirth et al., 1998).

در آزمایشات انجام شده روی خاویار از گونه‌های مختلف تاسماهیان صید شده از کشورهای مختلف

مقادیر روی و مس بدست آمده از گونه‌های فیل ماهی (*H. huso*) و چالباش (*A. guldenstaedtii*) و ازون‌برون (*A. stellatus*) با منشأ ایرانی بترتیب ۹/۴۸، ۱/۴۱ و ۱۳/۸۸؛ ۱/۵۷ و ۱۱/۴۴، ۱/۳۸۸ (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) بدست آمده است (Wirth et al., 1998). در بررسی‌های انجام شده در ماهیان خاویاری بخش سفلی ولگا میانگین غلظت روی و مس در عضلات فیل ماهی ماده بترتیب ۴/۰، ۰/۶، تاس‌ماهی ۴/۳ و ۰/۴ و ازون‌برون ۵/۵، ۰/۸ (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) بدست آمده است (گاپه‌یوا و همکاران، ۱۹۹۰). در بررسی انجام شده بوسیله Golovin مقدار مس در بافت عضله تاسماهی روسی بین ۰/۹ تا ۰/۹ میکروگرم در کیلوگرم بدست آمده است (Golovin et al., 1990).

مقدار فلز روی در اندامها و بافت‌های تاسماهی روسی بین ۱۷/۵ تا ۴۶/۷ میکروگرم در کیلوگرم متغیر بوده است. اگر چه نویسنده تغییرات مشخصی را در گونه‌ها بیان می‌نماید. مقادیر مس در اندامها و بافت‌های متفاوت گونه‌های تاسماهیان بدین شرح بوده است: در ماهیچه فیل ماهی ۰/۹۸ تا ۱/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، در بافت ماهیچه سوروگا کمی بیشتر بین ۱/۵۷ تا ۲/۲۶ میکروگرم در کیلوگرم و بیشترین مقدار در تاسماهی روسی بین ۱/۱۹ تا ۶/۹۵ میکروگرم در کیلوگرم (Pavelyeva et al., 1990). Sergeyeva (1997) مقادیر بالایی از روی، منگنز و مس را در بافتهای ازون‌برون بدست آورد. مقادیر روی در محدوده ۲۴/۶ تا ۳۱/۹ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و مس مقادیر بین ۲/۴ تا ۲۶ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک را داشته است.

در بررسی حاضر میانگین مقادیر جیوه در بافت عضله تاسماهی ایرانی و ازون‌برون در پنج ناحیه مورد بررسی بترتیب در محدوده ۰/۰۴۳ تا ۰/۰۷۸ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر و ۰/۰۴ تا ۰/۰۶ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر بوده است. این محدوده غلظتی برای خاویار این دو گونه بترتیب بین ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۱۶ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر و ۰/۰۰۷ تا ۰/۰۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر می‌باشد. اطلاعاتی از بررسی جیوه در بافت ماهیان خاویاری در حوضه جنوبی دریای خزر موجود نمی‌باشد. تنها مورد گزارش شده مربوط به جیوه در خاویار صید شده از صیدگاه گلشن، پلرود، بابلسر و لیسار می‌باشد که بترتیب مقادیر  $0.001 \pm 0.004$  و  $0.005 \pm 0.013$  (میکروگرم در کیلوگرم) و  $0.007 \pm 0.022$  میکروگرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده است (بیات و جمالی رئوفی، ۱۳۶۸). حداکثر مقدار گزارش شده در بررسی فوق ۰/۰۰۳۴ (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) می‌باشد که با حداکثر مقدار بدست آمده در بررسی حاضر که ۰/۰۶۷ (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) در خاویار ماهی ازون‌برون و ۰/۰۶۴ (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) در خاویار تاسماهی ایرانی می‌باشد، قابل مقایسه است.

بررسی رسوبات دریای خزر نشان می‌دهد که مقادیر بدست آمده برای جیوه در بخش شمالی پایین بوده است. اما در محلهای نمونه‌برداری در آذربایجان غلظت‌ها قابل توجه می‌باشند. این مقادیر بیش از ۰/۱۵ میکروگرم در کیلوگرم مقدار تعیین شده استاندارد در رسوبات می‌باشد که نشان‌دهنده آلودگی خلیج باکو به این فلز سمی است (CEP, 2002).

در اندازه‌گیری جیوه در بافتهای مختلف (عضلات، کبد، آبشش، طحال و سرم خون) فیل ماهی، تاس ماهی روسی و ازون‌برون که توسط روس‌ها در مارس ۱۹۹۰ در قسمت پایین دست رودخانه ولگا صید شده بودند، مقادیر بدست آمده در عضله در جنس نر و ماده بترتیب در فیل ماهی ۰/۶۴ و ۰/۷۹ میلی‌گرم در کیلوگرم، تاسماهی روسی ۰/۰۷ و ۰/۳۲ میکروگرم در کیلوگرم و ازون‌برون ۰/۰۴ و ۰/۰۳ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر بوده است (گاپه‌یوا و همکاران، ۱۹۹۰).

در ناحیه بالادست رودخانه Fraser در کانادا نمونه‌برداری از ماهی استورژن سفید (*Acipenser transmontanus*) به منظور اندازه‌گیری فلزات سنگین در بافتهای ماهیچه سفید، ماهیچه قرمز، کبد و تخم ماهیان با این هدف که آیا برای مصرف انسانی مجاز می‌باشند یا خیر، انجام شد. غلظت جیوه در ماهیچه سفید و کبد چند ماهی که از بالادست رودخانه گرفته شده بودند از مقدار حد مجازی که توسط قوانین ایالتی برای بافت ماهی جهت مصرف افرادی که ماهی کم مصرف می‌کنند (بطور مثال ۲۱۰ گرم وزن تر در هفته) تعیین شده است، تجاوز می‌کرد (MacDonald et al., 1997).

مقدار جیوه آلی کل در بافت عضله استرلیاد صید شده از رودخانه ولگا و ساراتو در محدوده ۰/۴۲ تا ۰/۶۸ میکروگرم در کیلوگرم بوده است، در حالی که در اندامهای داخلی مقدار این فلز در محدوده ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۹۹ میکروگرم در کیلوگرم (مشخص نمی‌باشد که مقادیر گزارش شده برحسب وزن تر یا خشک است) می‌باشد (Metelev, 2000).

میانگین کادمیم اندازه‌گیری شده در عضلات، کبد، آبشش، طحال و سرم خون در گونه‌های مختلف تاسماهیان بخش سفلی ولگا مقادیری بدین شرح می‌باشد: فیل ماهی، بافت عضله ۰/۰۶، کبد ۰/۱۹، آبشش ۰/۰۷، طحال ۰/۰۰۸ و خون ۰/۰۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر، ازون‌برون، بافت عضله ۰/۰۶، کبد ۰/۱۸، آبشش ۰/۱۱، طحال ۰/۰۸ و سرم خون ۰/۰۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر. محدوده کادمیم در عضلات فیل ماهی بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ در ماهی نر و ۰/۰۶ تا ۰/۰۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر در ماده‌ها و در تاس‌ماهی روسی بین ۰/۰۶ تا ۰/۱۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر و در ماهی‌های ماده بین ۰/۰۴ تا ۰/۱۹ در میلی‌گرم کیلوگرم وزن تر بوده است. همچنین برای ازون‌برون این مقادیر بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۷ میلی‌گرم در

کیلوگرم وزن تر در ماهی نر بدست آمده است (گابه‌یوا و همکاران، ۱۹۹۰). مقادیر سرب در عضلات تاس‌ماهی روسی، فیل ماهی و ازون‌برون بخش سفلی ولگا بترتیب ۰/۵، ۰/۵۸، ۰/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر بدست آمده است (گابه‌یوا و همکاران، ۱۹۹۰).

محدوده غلظتی برای کادمیم در بافت عضله و خاویار تاسماهی ایرانی بترتیب برابر با ۰/۰۸۱ تا ۰/۰۴ در میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و ۰/۰۳ تا ۰/۰۰۷ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و برای ازون‌برون در بافت عضله ۰/۰۵۴ تا ۰/۰۶۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و در خاویار ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۰۸ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد. در خصوص فلز سرب نیز این محدوده غلظت در بافت عضله و خاویار تاسماهی ایرانی ۰/۵۸ تا ۰/۷ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و ۰/۰۹ تا ۰/۱۲ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و در ازون‌برون این مقادیر عبارتند از ۰/۳۶۱ تا ۰/۵۹۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک در بافت عضله و ۰/۰۹۹ تا ۰/۱۲ میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک در خاویار می‌باشد.

در تخم ماهیان غلظت کادمیم شاخص آلودگی آنها نمی‌باشد زیرا تجمع کادمیم در حد بالا در کلیه‌ها می‌باشد. با اندازه‌گیری کادمیم در خاویار با منشأ ایرانی مقادیر کمتر از ۰/۰۰۵ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر در خاویار ماهیان ازون‌برون، چالباش و فیل ماهی بدست آمده است. همچنین در این بررسی مقادیر متفاوتی بین ۳۳ تا ۱۷۰ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر برای سرب در خاویار مناطق مختلف از جمله ایران، آذربایجان، قزاقستان، آستاراخان روسیه و دریای آزوف از گونه‌های مختلف چالباش، شیپ، ازون‌برون و فیل ماهی مشاهده شده است. سرب ترجیحاً در تخم‌ها ترکیب می‌شوند. غلظت سرب در خاویارهای گونه‌های فیل ماهی، چالباش و ازون‌برون با منشأ ایرانی در این بررسی بترتیب ۸۵، ۷۸ و ۸۲ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر بوده است. هیچگونه ارتباطی بین مقادیر سرب و منشأ نمونه‌ها مشاهده نشده است (Wirth et al., 1998).

همانطور که در نتایج آورده شد مقادیر فلزات در بافت عضله و خاویار این دو گونه در نواحی مختلف متفاوت بوده و تجزیه‌های آماری مشخص‌کننده شاخص خاصی برای یک فلز در یک ناحیه خاص نمی‌باشد. عدم آلودگی یک ناحیه به یک فلز خاص و همچنین مهاجر بودن این گونه‌ها می‌تواند از دلایل عدم رسیدن به چنین نتیجه‌ای باشد. با بررسی نحوه جذب فلزات و نوع تغذیه این گونه‌ها می‌توان شناخت بهتری از نحوه در معرض خطر قرار گرفتن آنها بدست آورد. مقایسه مقادیر بدست آمده با استانداردهای بین‌المللی نشان‌دهنده عدم وجود آلودگی این دو گونه به این فلزات جهت مصرف انسانی می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه حداکثر غلظت‌های مجاز (میکروگرم در کیلوگرم وزن تر) فلزات سنگین روی، مس، کادمیم، سرب و جیوه در غذاهای دریایی جهت مصرف انسانی با میانگین‌های بدست آمده در این بررسی (غلظت فلزات روی، مس، کادمیم و سرب براساس میکروگرم در کیلوگرم وزن خشک و جیوه براساس میکروگرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده است).

منبع	Hg	Zn	Pb	Cu	Cd	استانداردها و گونه‌ها
Biny & Ameyibor, 1992 ; Madany <i>et al.</i> , 1996	۰/۵	۱۰۰۰		۱۰	۰/۲	<sup>۱</sup> WHO
Maher, 1986; Darmono & Denton, 1990		۱۵۰	۱/۵	۱۰	۰/۰۵	<sup>۲</sup> NHMRC
Anon, 1993; Collings <i>et al.</i> , 1996		۵۰	۲/۰	۲۰	۰/۲	<sup>۳</sup> MAFF (انگلستان)
Ruelle & Henry, 1994	۱/۰					<sup>۴</sup> FDA
Merian, 1991; Raojevic & Bashkin, 1999			۰/۵		۰/۵	آلمان
Huss, 1994			۲			دانمارک
بررسی حاضر	۰/۰۵	۲۷/۴	۰/۴۸	۱/۶۴	۰/۰۵۹	بافت عضله (ازون‌برون)
//	۰/۰۶	۲۶/۹	۰/۶۱	۱/۸	۰/۰۶	بافت عضله (تاسماهی ایرانی)
//	۰/۰۰۸	۵۷/۸	۰/۱۱۲	۴/۸۵	۰/۰۰۵	خاویار (ازون‌برون)
//	۰/۰۰۷	۶۵/۹	۰/۱۱	۴/۲	۰/۰۰۵	خاویار (تاسماهی ایرانی)

1- Word Health Organization

2- Australian National Health and Medical Research Council

3- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food

4- Food and Drug Administration



## تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم شرکت بازرگانی شیلات، معاونت تولید و بهره‌برداری شیلات، مسئولین نواحی شیلاتی و صیدگاه‌های محل نمونه‌برداری، مسئولین محترم مرکز تحقیقات ماهیان استخوانی دریای خزر بخصوص جناب آقای مهندس خداپرست و همکاران در ایستگاه تالاب انزلی، همچنین کلیه همکاران در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری در بخش‌های ارزیابی ذخایر مهندس خوش قلب، فدایی، توکلی و همچنین سایر همکاران مهندس جلیل‌پور، شجاعی، علیزاده و خانم دلدار در بخش اطلاعات علمی و واحد تدارکات و ترابری انستیتو تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

بیات، ا. و جمالی رئوفی، ن.، ۱۳۶۸. تعیین جیوه در ماهی و سایر مواد زیست‌شناختی. مجله شیمی و مهندسی شیمی، سال دوم، شماره سوم ۱۳۶۸، صفحات ۵۵ تا ۵۹.

گایه‌یو، م.و.؛ تسل موویچ، ا.ل. و شیروکووا، م.آ. ۱۹۹۰. فلزات سنگین در تاس‌ماهیان بخش سفلی ولگا. ترجمه: یونس عادل، شهریور ۱۳۷۷، مرکز تحقیقات شیلاتی استان گیلان. ریپینسک، روسیه. ۱۰ صفحه.

Aaseth, J. and Norseth, T. , 1986. Copper. In: Handbook on the Toxicology of Metals, 2nd. Ed. eds. L. Friberg, G.F. Nordberg and V.B. Vouk, eds) Elsevier Amsterdam. Vol II, pp.233-254.

Anderson, D.M. and Morel, F.M. , 1978. Copper sensitivity of *Gonyaulax tamarens*. Limnol. Oceanogr. Vol. 23:, pp.283-295.

Anon , 1993. Monitoring and surveillance of non-radioactive contaminants in the aquatic environment and activities regulating the disposal of waste at the sea. Aquatic environment monitoring report. Ministry of Agriculture, Fisheries &

Food, LOWESTOFT, No. 36, 78P.

**AOAC , 1990.** Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (Ed. K. Helrich) 15th Edition. Published by the Association of Official Analytical Chemists INC. Virginia, USA. 1298P.

**Biney, C.A. and Ameyibor, E. , 1992.** Trace metal concentration in the pink shrimp *Penaeus notialis* from the coast of Ghana. Water, Air and Soil Pollution, Vol. 63, pp.273-279.

**Caspian Environment Program , 2002.** ASTP: Contaminant Screening Programme. Final report: Interpretation of Caspian Sediment Data.

**Collings, S.E. ; Johnson, M.S. and Leach, R.T. , 1996.** Metal contamination of Angler-caught fish from the Mersey estuary. Marine environmental research, Vol. 41, No. 3, pp.281-297.

**Darmono, D. and Denton, G.R.W. , 1990.** Heavy metal concentrations in the banana prawn *Penaeus merguensis* and leader prawn *P. monodon* in the Townsville region of Australia. Bull. Environ. Contam. toxicol. Vol. 44, pp.479-486.

**Debus, L. , 1995.** Sturgeon in Europe and causes of their decline. Sturgeon Stock and Caviar Trade Workshop. 9-10 October 1995. Bonn, Germany. pp.55-67.

**Evans, R.D. , 1986.** Sources of mercury contamination in the sediments of small headwater lakes in south-central Ontario. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. Vol. 15, pp.505-512.

**Golovin, A.H. ; Kirichenko, C.G. ; Galutva, O.A. ; Konisheva, E.H. and Kyrilanova, L.D. , 1990.** Soderkhaniye nekotorykh khimicheskikh elementov i khlororganicheskikh veshchestv ve mishikh i vnutrennikh organakh ruskogo

- osetra. V. kn.: Physiologo-biokhimicheski status Volgo-Caspiskikh osetrovikh v norme i pri rasloyneni mishechnoi takani (kumulyativinii palitoksikoz). Ribinisk 1990, pp.52-54.
- Huss, H.H. , 1994. Assurance of seafood quality. FAO Fisheries Technical Paper, Rome, 169P.
- MacDonald, D.D. ; Ikonomou, M.G. ; Rantalain, A.L. ; Rogers, I.H. ; Sutherland, D. , Van, Oostdam. J. , 1997. Contaminants in white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) from the upper Fraser River, British Columbia, Canada 1997 Environmental Toxicology and Chemistry. Vol. 16, No. 3, pp.479-490.
- Madany, C.M. ; Wahab, A.A.A. and Al-Alawi, Z. , 1996. Trace metals concentrations in marine organisms from the coastal areas of Bahrain, Persian Gulf. Water, Air & Soil Pollution, Vol. 91, pp.233-248.
- Maher, W.A. , 1986. Trace metals concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, South Australia, Water, Air & Soil Pollution, Vol. 29, pp.77-84.
- Mance, G. , 1990. Pollution threat of heavy metals in aquatic environments. Elsevier Applied Science. London. UK. 372P.
- Meger, S.A. , 1986. Polluted precipitation and geochronology of mercury deposition in lake sediment of northern Minnesota. Water, Air, and Soil Pollution. Vol. 30, pp.411-419.
- Merian, E. , 1991. Metal and their compounds in the environment. Occurrence analysis and biological relevance. VCH, Weinheim. 704P.
- Metelev, B.B. , 2000. Saderkshaniye ostatochnik kolichest pesticidov, soley tyakshlvikh metalev i azotsoderkshashikh veshestev ve gidrobiontakh razlichnikh

vadoymov strani/ Tezisi dokladov 2-oi Veserosiskoi konferncii pa ribokhozyaistvennoi toxicologii. , t.2, c. pp.44-46.

**MOOPAM , 1983.** Manual of Oceanographic and Pollutant Analysis Methods. Kuwait. ?.

**MOOPAM , 1989.** Manual of Oceanographic and Pollutant Analysis Methods. Kuwait. ?.

**Pavelyeva, L.G. ; Zimakov, I.E. ; Komarova, A.V. ; Golik, E.M. , 1990.** Some aspects of influence of antropogenic pollution on sturgeons in the Volga-Caspian Region//Ibidem, pp.45-52

**Pavlov, D.S. ; Savvaitova, K.A. ; Sokolov, L.I. and Alekseev, S.S. , 1994.** Rare and endangered animals, Fishes. Vysshaya Shkola, Moscow, Russia. 334P (in Russia).

**Raojevic, M. and Bashkin, V.N. , 1999.** Practical environmental analysis. The Royal Society of Chemistry, UK, 466P.

**Ruelle, R. and Henry, C. , 1994.** Life history observation and contaminant evaluation of Pallid sturgeon. Final report. U.S. Fish and Wildlife service Region 6. Contaminants program.

**Sergeyeva, N.T. , 1997.** Dietry Zinc, Manganese and Copper levels on Zinc, Manganese and Copper concentrations in tissues of sturgeon. (3rd ISS 1997 A3-P. Book of Abstract)

**Snedeer, G.W. and Cochran. , 1989.** Statistical Methods. The Iowa State University Press. Ames. Iowa.

**Sunda, W. ; Engle, D.W. and Thuotte, R.M. , 1978.** Efect of chemical speciation on toxicity of cadmium to grass shrimp *Palaemonetes pugio*: importance of free

- cadmium ion. Environ. Sci. Technol. Vol. 12, pp.409-413.
- Wagemann, R. and Muir, D.C.G. , 1984.** Concentration of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters overview and evaluation. Can. Tech. Rep. Fish. Aq. Sci. No 1279.
- WHO , 1995.** Health risks from marine pollution in the Mediterranean. Part I Implications for Policy Makers. 255P.
- WHO , 1979.** Mercury. In Environmental Health Criteria 1. Geneva: World Health Organization.
- WHO , 1989.** Mercury environmental aspects. In Environmental Health Criteria 89. Geneva: World Health Organization.
- WHO , 1990.** Methylmercury. In Environmental Health Criteria 101. Geneva: World Health Organization.
- Wirth, M. ; Kirschbaum, F. ; Gessner, Y. ; Kruger, A. and Billard, R. , 1998.** Discrimination of caviar from different sturgeon species. Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Muggelseedamm 310, D- 12587 Berlin, Germany.

# Assessing heavy metal content of muscle tissue and caviar of *Acipenser persicus* and *Acipenser stellatus* in southern Caspian Sea

Sadeghi Rad M.<sup>(1)</sup> ; Amini Ranjbar Gh.<sup>(2)</sup> ; Arshad A. <sup>(3)</sup> and Joshiedeh H.<sup>(4)</sup>

marjan\_sadeghi@yahoo.co.uk

1,3,4- International Sturgeon Research Institute, P.O.Box: 41635-4364  
Rasht, Iran

2- Iranian Fisheries Research Organization, P.O.Box: 14155-6116  
Tehran, Iran

Received: March 2003

Accepted: May 2004

**Keywords:** *Acipenser persicus*, *Acipenser stellatus*, Heavy metals, Muscle tissue, Caviar, Caspian Sea

## Abstract

WE sampled 139 specimen of *Acipenser persicus* and 103 *Acipenser stellatus* over the years 1998-1999 in five fishing zones of the southern Caspian Sea for heavy metal contamination assessment. Flame Atomic Absorption Spectrophotometry was used to determine contamination of the specimens with Zn, Cu, Cd, and Pb and cold vapor method for Hg.

The mean age for *A. persicus* and *A. stellatus* was  $17.6 \pm 2.6$  years and  $11.9 \pm 1.8$  years, respectively. The mean concentrations of heavy metals assessed for dry weight of the muscle tissues and caviar in *A. persicus* were 26.9 and 65.9  $\mu\text{g/g}$  for Zn, 1.8 and 4.2  $\mu\text{g/g}$  for Cu, 0.61 and 0.111  $\mu\text{g/g}$  for Pb and 0.61 and 0.005  $\mu\text{g/g}$  for Cd. The wet weight concentration of Hg in the muscle tissue and caviar of the fish were 0.06 and 0.007  $\mu\text{g/g}$  respectively. For *A. stellatus* we determined the mean concentration of heavy metals in dry weight of the muscle tissue and caviar to be 27.4 and 57.8  $\mu\text{g/g}$  for Zn, 1.64 and 4.85  $\mu\text{g/g}$  for Cu, 0.481 and 0.112  $\mu\text{g/g}$  for Pb and 0.59 and 0.005  $\mu\text{g/g}$  for Cd while the wet weight concentration of Hg were 0.05 and 0.008  $\mu\text{g/g}$ . By international standards, the contamination of the muscle tissue and caviar samples with the heavy metals in the two sturgeon species are well below maximum allowable for human consumption.